Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 2, 2020, p. 164-182 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.78361

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۱ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۳۹۹
صفحهٔ ۱۸۲-۱۶۴، نوع مقاله: پژوهشی

اثر کشت مخلوط تأخیری نخود با جو، روی صفات بیوشیمیایی و عملکرد در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

نگین محاویه اسعدی[۱]، احسان بیژن‌زاده[۲*]، علی بهپوری[۳] و وحید براتی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز؛ negin.asadi2020@gmail.com
۲- دانشیار بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز
۳- استادیار بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز؛
(به‌ترتیب، ali.behpoori@gmail.com و vahid.barati.s@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی انتهای فصل و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط تأخیری نخود با جو بر صفات بیوشیمیایی و عملکرد آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷- ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل رژیم آبیاری در دو سطح (آبیاری مطلوب و قطع آبیاری در مرحله شیری‌شدن دانه جو) به عنوان فاکتور اصلی و ترکیب‌های کشت مخلوط تأخیری شامل کشت‌های خالص رقم جو شش ردیفه زهک، کشت‌های خالص نخود رقم داراب و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط شامل جو آذر+نخود آذر، جو آذر+نخود دی، جودی+نخود آذر و جو دی+نخود دی با نسبت ۱به۱ به عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد که تنش خشکی انتهای فصل برهمه صفات به‌جز تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰۰دانه، پروتئین دانه نخود و عملکرد دانه جو اثر معنی‌داری داشت. در گیاه نخود، تنش خشکی باعث کاهش محتوای کلروفیل *a* در همه تیمارها گردید و کمترین میزان کاهش محتوای کلروفیل *a* در کشت مخلوط جو دی+نخود دی‌ماه به میزان ۲۲/۳ درصد به‌دست آمد. همچنین تنش خشکی باعث کاهش محتوای کلروفیل *b* در همه تیمارها به‌جز تک‌کشتی نخود دی‌ماه شد در صورتی‌که تنش خشکی باعث افزایش میزان آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز گردید که بیشترین میزان افزایش آن‌ها به‌ترتیب با ۷۴/۰۴ و ۸۱/۳۶ درصد در کشت‌های مخلوط جو آذر+نخود دی‌ماه و جو آذر+نخود آذرماه به‌دست آمد. تنش خشکی به‌ترتیب باعث افزایش ۵۸ و ۲۵ درصدی LER نخود و کل نسبت به شرایط آبیاری مطلوب شد. در شرایط تنش خشکی بیشترین عملکرد دانه در کشت مخلوط جوآذر+نخود دی‌ماه به‌دست آمد. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً در شرایط تنش خشکی انتهای فصل استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط تأخیری جو آذر با نخود دی‌ماه راهکاری مناسب برای تولید پایدارتر این گیاهان نسبت به تک‌کشتی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پراکسیداز، جو شش ردیفه، قطع آبیاری، کلروفیل*a*

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی خانواده بقولات است که ازنظر اهمیت تولید مواد غذایی در بین حبوبات جایگاه سوم را با تولید حدود ۱۴ میلیون تن در سطح زیر کشتی معادل ۱۴/۵ میلیون هکتار به خود اختصاص داده است (FAO, 2017). سطح زیرکشت نخود در ایران حدود ۶۶۷۷۶۰ هکتار است که ۹۰ درصد آن در شرایط دیم کشت می‌شود. ایران از نظر سطح زیرکشت این گیاه چهارمین رتبه جهان پس از هندوستان، پاکستان و ترکیه را دارد. میانگین عملکرد جهانی نخود ۸۲۰ کیلوگرم در هکتار است و ترکیه با ۹۵۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد را دارد. ایران با میانگین عملکرد ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار کمترین تولید در واحد سطح را دارد که کاهش نزولات جوی به ویژه برخورد گیاه با گرما و تنش خشکی انتهای فصل، عامل کاهش عملکرد محصول بهاره می‌باشد (Sabbaghpour *et al.*, 2010, FAO, 2017). در استان فارس سطح زیرکشت نخود حدود ۲۴۰۰ هکتار با تولید ۲۴۸۰ تن می‌باشد (Niksirat *et al.*, 2018). تنش خشکی همانند سایر گیاهان زراعی با تغییر در خصوصیات فیزیولوژیک رشد سبب کاهش عملکرد نخود می شود. تنوع ژنتیکی قابل‌ملاحظه‌ای بین ژنوتیپ‌های نخود از نظر صفاتی که تحت تأثیر خشکی قرار می‌گیرند و همچنین میزان کاهش عملکرد وجود دارد (Safari *et al.*, 2011). مقاومت

*نویسنده مسئول: bijanzd@shirazu.ac.ir

گیاهان به تنش خشکی به علت پیچیده‌بودن اثرات متقابل بـین فاکتورهــای تــنش و نیــز تنــوع پدیــده‌هــای فیزیولــوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی مؤثر بر رشد و نمو گیاه بسـیار پیچیـده است و بنابراین شناخت آثار تنش خشکی در گیاهـان ضـروری به نظر مـی‌رسـد (Hui-ping *et al*., 2012). کشـت مخلـوط به‌عنوان یکی از مهم‌ترین سیستم‌های کشاورزی قابـل اجـرا در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته شناخته شـده کـه بـه جهـت تنوع محصولات و افزایش سود حاصله در واحد سطح و زمـان از اهمیت ویـژه‌ای برخـوردار اسـت (Mahfouze & Migawer, 2004). در بین سیستم‌های مختلـف کشـت مخلـوط، ترکیـب گیاهان غلات با گیاهـان تثبیـت کننـده نیتـروژن (لگـومهـا) از جمله معمولی‌تـرین و قـدیمی‌تـرین ایـن سیسـتم‌هـا در نقـاط مختلف دنیـا بـه ویـژه در کشـورهای درحـال‌توسـعه مـی‌باشـد (Amani Machiani *et al*., 2018). استفاده از گیاهان لگـوم مانند نخود به خصـوص در سـال‌هـای آیـش عـلاوه بـر کنتـرل فرسایش آبی و خاکی، باعث افزایش مواد آلـی و بهبـود خـواص فیزیکی و شیمیایی خاک از طریق تثبیت بیولـوژیکی نیتـروژن شده و از طرف دیگر استفاده از کود سبزِ به‌دست‌آمـده از نخـود ضمن کاهش تقاضا برای مصرف کودهای شیمیایی می‌توانـد در افزایش بهره‌وری محصـولات زراعـی و گیاهـانی کـه بعـد از آن کشـت مـی‌گردنـد، مـؤثر باشـد (Chapagain & Riseman, 2014).

Rezvani Moghadam & Moradi (2013) در بررسی کشت مخلوط زیره سـبز (*Cuminum cyminum*) و شـنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) نشان دادند که میـزان شاخص LER در تمامی‌تیمارهای کشت مخلوط بـالاتر از یـک بوده و بیانگر برتری سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به کشـت خالص دو گیاه است. کشت تأخیری یکـی از روش‌هـای کشـت مخلـوط اسـت کـه در آن گیاهـان تابسـتآن‌هـای مثـل سـویا (*Glycine max* L.) داخـل گیاهـان زمسـتانه مثـل گنـدم (*Triticum aestivum* L.) کشـت مـی‌شـود. کلمـه تـأخیری زمانی به کار می‌رود که محصول دوم داخل محصول اول و قبـل از برداشت محصول اول کشت می‌شـود (El-Hawary, 2009). Lopez-Bellido *et al*, (2008) نیز رشـد نخـود کـابلی را در شرایط آب و هوایی مدیترانه و در چهـار تـاریخ کاشـت (اواخـر پاییز، اوایل زمستان، اواسـط زمسـتان و اواخـر زمسـتان) مـورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد کـه بـا افـزایش طول دوره رشد نخود مقادیر وزن خشک کل، دوام سطح بـرگ، تعداد شاخه در بوته و ارتفـاع بوتـه افـزایش معنـی‌داری نشـان دادند. عملکرد دانه نیز در کشت‌های اواخر پاییز، اوایل زمسـتان و اواسط زمستان در حدود ۵۰ تا ۸۰ درصد بیشتر از کشـت در اواخر زمستان بود. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد کـه اعمال تاریخ‌های کاشت زودهنگام یا دیرهنگام رژیم‌های دمـایی نامطلوب در طول دوره رشد، سـبب کـاهش محصـول و اجـزای عملکرد می‌شود و بالاترین عملکرد دانه از تاریخ کاشت مناسـب به‌دست می‌آید (Bashir, 2010). تاریخ کاشت تأخیری بر روی مراحل نموی و انتقال مواد از مبدأ به مقصد به‌طور چشـمگیری اثر می‌گذارد و باعث کوتاه‌شدن ارتفاع بوته، کاهش فاصـله بـین گره‌ها و کوتاه‌شدن دوره پرشدن دانه و سرانجام کاهش عملکرد دانه می‌شود (Alisian *et al*., 2005). با توجه به آب و هـوای گرم و خشک منطقه داراب و روبه‌روشدن دوره رشد گیاهان این منطقه با گرمای آخر فصل و تنش خشکی، هدف از انجـام ایـن پژوهش دستیابی به مناسب‌ترین سیستم‌های کشـت مخلـوط و تاریخ کاشت مناسب نخود با جو در راسـتای تولیـد پایـدار ایـن گیاهان در شرایط کمبود آب در اواخـر فصـل رشـد و تغییـرات بیوشیمیایی ازجمله رنگیزه‌های فتوسـنتزی و فعالیـت آنزیمـی گیاه بود.

مواد و روش‌ها

ایــن آزمــایش در ســال زراعــی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعــه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منـابع طبیعـی داراب، دانشـگاه شیراز با موقعیت عرض جغرافیایی ۲۸ درجه ۵۰ دقیقه شـمالی و طول جغرافیـایی ۵۴ درجـه و ۳۰ دقیقـه شـرقی و بـا ارتفـاع ۱۱۸۰ متری از سطح دریا به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلـوک‌هـای کامـل تصـادفی در سـه تکـرار اجـرا شـد. برخـی خصوصیات آب و هوایی منطقه در جدول ۱ آورده شده است.

فاکتورهای مورد مطالعه شامل رژیم آبیـاری در دو سـطح آبیاری مطلوب (N) و قطع آبیاری (S) در ابتدای شـیری‌شـدن دانه جو (ZGS۷۱) (Zadoks *et al*., 1974) به عنوان فاکتور اصلی و تیمارهای مختلف کشت شامل کشت‌هـای خـالص رقـم جو (*Hordeum vulgare* L.) شش ردیفه به‌نـام زهـک (b) و خالص نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم داراب (c) به عنـوان فاکتور فرعی بود که در تاریخ کاشت‌هـای آذرمـاه و دی‌مـاه بـه صورت تأخیری شامل جو آذر ماه (b_1)، جو دی‌ماه (b_2)، نخـود آذرماه (c_1)، نخود دی‌مـاه (c_2) و ترکیـب‌هـای مختلـف کشـت مخلوط ردیفی شامل جو آذر+نخود آذر (b_1c_1)، جـو آذر+نخـود دی (b_1c_2)، جـو دی+نخـود آذر (b_2c_1) و جـو دی+نخـود دی (b_2c_2) با نسبت ۱به۱ بودند. جو رقـم زهـک جـزو ارقـام شـش ردیفه جو می‌باشد که نیمه‌زودرس بوده، دارای ارتفـاع بوتـه ۹۰ سانتی‌متر و با میانگین وزن۱۰۰۰دانه ۳۵ گرم، مقاوم به ریـزش دانه است. همچنین نخود رقم داراب متوسطرس، با ارتفاع بوتـه

۲۸ سانتی‌متر حالت نیمه‌ایستاده داشته که وزن۱۰۰۰دانه آن ۳۵۰ گرم می‌باشد که مساعد برای نواحی گرم و خشک است. اندازه کرت‌های اصلی ۱۴۴ مترمربع و کرت‌های فرعی شِش مترمربع و مجموع آن‌ها ۴۸ کرت بودند. فاصله دو تکرار از یکدیگر نیز دو متر و فاصله کرت‌های اصلی از یکدیگر نیز ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. در هریک از کرت‌های فرعی شِش ردیف کاشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر ایجاد شد و بذرهای نخود و جو به‌صورت ردیفی کشت‌شدند. مزرعه در سال قبل از آزمایش به‌صورت آیش بوده و کاشت در ۱۵آذرماه و ۱۵دی‌ماه صورت گرفت. تراکم کاشت برای گیاه جو ۴۰۰ بوته در مترمربع و برای نخود ۴۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. بذر جو و نخود از مرکز تحقیقات حسن‌آباد داراب تهیه شد.

میزان آب مورد نیاز برای هرکرت براساس ظرفیت زراعی مزرعه (۲۴/۵درصد وزنی) محاسبه شد (Grimes *et al*., 1978). در این روش ابتدا قطعه زمینی به مساحت دو مترمربع مشخص شد و به شکل حوضچه درآمد. سپس این حوضچه به طور سنگین آبیاری شد و بر روی آن پلاستیک پوشانده شد. پس از قطع آبیاری و نفوذ آب، در فواصل زمانی هر ۱۲ ساعت یک‌بار از عمق ۰ تا ۱ متری توسعه ریشه نمونه‌برداری و مقدار رطوبت آن به روش وزنی اندازه‌گیری شد. این عمل آن‌قدر ادامه داده شد تا سرانجام مقدار رطوبت در دو اندازه‌گیری پشت سرهم تقریباً با هم برابر شدند که این مقدار رطوبت براساس رابطه زیر برابر با رطوبت ظرفیت زراعی گردد (Daneshmand *et al*., 2006):

رابطه (۱)

مقدار رطوبت در ظرفیت زراعی =

۱۰۰ × [وزن خاک خشک / (وزن خاک خشک – وزن خاک تر)]

نیاز آبی گیاه به‌صورت روزانه با استفاده از میانگین روزانه داده‌های پارامترهای ایستگاه هواشناسی حسن‌آباد داراب و با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Daneshmand *et al*., 2006). مراحل محاسبه نیاز آبی گیاه نخود به‌طور خلاصه به شرح زیر ارائه شده است:

رابطه (۲)

تبخیر – تعرق گیاه (ET_C) در مراحل مختلف رشد گیاه با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Grimes *et al*., 1978).

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

ET_c: تبخیر – تعرق گیاه (میلی‌متر در روز)، ET_0: تبخیر – تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر در روز) و K_C: ضریب گیاهی است. تبخیر – تعرق گیاه مرجع ET_0 با استفاده از داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی حسن‌آباد داراب به‌دست آمد.

رابطه (۳)

میزان آب آبیاری در هر دور آبیاری با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$IR = ET_c \, (Ea \times LR)$$

IR: میزان آب آبیاری، Ea: راندمان مصرف آب، LR: میزان آبشویی.

پس ازاندازه‌گیری میزان آب، آبیاری برای تمام کرت‌ها تا مرحله گلدهی به‌صورت یکسان و به‌صورت نشتی و با فواصل ۱۲-۸ روز انجام شد و در ابتدای شیری‌شدن دانه جو، تیمار قطع آبیاری در کرت‌های تعیین‌شده متوقف شد. در مجموع، میزان آب مصرفی برای تیمار آبیاری و کشت‌های آذر و دی ماه به ترتیب با ۱۰ دور آبیاری ۵۷۳۳ متر مکعب و ۹ دور ۴۵۹۱ متر مکعب و برای تنش خشکی از اوایل شیری‌شدن دانه جو برای کشت‌های آذر و دی‌ماه به ترتیب با ۸ دور آبیاری ۴۴۶۵ متر مکعب و ۷ دور آبیاری ۴۲۷۰ مترمکعب در هکتار بود. تنها کود مورد استفاده ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره بود که به صورت سرک در سه مرحله کاشت، پنجه‌دهی و ابتدای ساقه رفتن گیاه جو به کرت‌ها اضافه شد.

جدول ۱- داده‌های هواشناسی شهرستان داراب در سال زراعی ۱۳۹۷- ۱۳۹۶

Table 1. Climatic data of Darab during 2017-2018 growing season

ماه‌ها **Months**	اردیبهشت **May**	فروردین **April**	اسفند **March**	بهمن **February**	دی **January**	آذر **December**	آبان **November**	مهر **October**
حداقل دما Minimum temperature (°C)	16.9	12.1	8.6	4.5	3.3	4.7	9.5	15.9
حداکثر دما Maximum temperature (°C)	34.2	28.6	22.5	21.4	20.1	19.5	27.4	33
متوسط دما Average temperature (°C)	24.5	20.4	15.6	12.9	11.7	12.1	18.5	24.5
بارندگی Rainfall (mm)	1.7	6.4	62	0.4	1.3	26.2	1.9	0.0

پس از برداشت صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰۰دانه، پروتئین دانه و عملکرد گیاه نخود اندازه گیری شد. اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه نخود از روی میزان نیتروژن نمونه و با استفاده از دستگاه میکروکجلدال مدل (K-360 Kjelflex) ساخت شرکت BUCHI سوئیس محاسبه شد. به این ترتیب که با اندازه‌گیری میزان نیتروژن، میزان پروتئین دانه گیاه نخود از حاصل‌ضرب درصد نیتروژن در عدد ۶/۲۵ به‌دست آمد (Lopez - Bellido & Lopez - Bellido, 2001).

نمونه‌گیری جهت اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل *a* و *b*) و صفات بیوشیمیایی (آنزیم کاتالاز و پراکسیداز) دو هفته بعد از اعمال تنش صورت گرفت.

اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی

برای استخراج و سنجش میزان کلروفیل a و b از روش (Arnon, 1967) استفاده شد به این منظور ۰/۵ گرم از نمونه های تر برگ پس از توزین در داخل هاون با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰درصد عصاره‌گیری شد. سپس عصاره حاصل در تاریکی و در دمای ۴°C در یخچال نگهداری شد و مواد جامد اضافی به مدت ۱۵ دقیقه در سانتریفیوژ با دور ۶۰۰۰ در دقیقه رسوب داده شد. آنگاه یک میلی‌لیتر از محلول شفاف رویی را با ۹ میلی‌لیتر استون ۸۰درصد به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده و میزان جذب عصاره استخراج شده با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل (UV-160A) ساخت شرکت Shimadzu ژاپن در طول موج‌های (۶۶۳ و ۶۴۵) نانومتر قرائت گردید و سپس میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی از روابط زیر محاسبه شد.

رابطه (۴)

Chlorophyll a= (19.3×A663 - 0.86×A645) V/100W

رابطه (۵)

Chlorophyll *b* = (19.3×A645 – 3.6×A663) V/100W

V= حجم محلول صاف‌شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)؛ A= جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر؛ W= وزن تر نمونه برحسب گرم

اندازه‌گیری آنزیم‌ها

برای استخراج آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، ۰/۱ گرم از نمونه برگی با استفاده از هاون چینی کاملاً سرد و با نیتروژن مایع ساییده شد و سپس به آن ۵ میلی‌لیتر از بافر فسفات (pH =۷) اضافه شد و پس از انتقال به میکروتیوپ‌های ۲ ml با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ مدل (Z326K) ساخت کشور آلمان با ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ °C به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. نمونه‌های استخراج‌شده تا زمان اندازه گیری آنزیم‌های فوق در دمای ۲۰°C – نگهداری شدند (Chance & Maehly, 1955).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز

مخلوط واکنش برای تعیین فعالیت آنزیم کاتالاز شامل بافر فسفات ۵۰ میلی مولار، ۱۵ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن و ۵۰ میکرو لیتر از عصاره آنزیمی بود. پس از اضافه‌کردن عصاره آنزیمی میزان جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت ۳۰ثانیه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (UV-160A) ثبت شد. فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از ضریب خاموشی ($۳۹/۴\ mM^{-1}\ cm^{-1}$) به صورت میکرومول پراکسید هیدروژن تجزیه‌شده و به صورت واحد بر دقیقه بر گرم وزن تر بیان شد (Aebi, 1984).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز

مخلوط واکنش برای تعیین فعالیت آنزیم پراکسیداز شامل بافر فسفات ۵۰ میلی مولار، ۱۰ میلی مولار گایاکول، ۱۵میلی مول پراکسید هیدروژن و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. میزان جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر به‌صورت ۶۰ ثانیه قرائت شد. محلول شاهد شامل تمامی این مواد به‌جز عصاره آنزیمی بود. فعالیت آنزیم پراکسیداز به‌عنوان میزان ترا گایاکول تشکیل شده واحد بر دقیقه بر گرم وزن تر و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (UV-160A) با ضریب خاموشی ($۲۶/۶\ mM^{-1}\ cm^{-1}$) محاسبه شد (Chance and Maehly, 1955).

همچنین نمونه‌برداری در مرحله رسیدگی گیاهان زراعی از یک متر مربع در تاریخ ۲۳ اردیبهشت‌ماه برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعی انجام گردید. پس از برداشت صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰۰دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و پروتئین دانه گیاه نخود اندازه‌گیری شد. در نهایت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS نسخه (9.4) استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

محتوای کلروفیل *a*

نتایج تجزیه واریانس این صفت نشان داد که اثر تیمار آبیاری، ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط و اثر متقابل بین تیمار آبیاری و کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد بر محتوای کلروفیل *a* معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج برهمکنش اثر تیمارهای آبیاری و کشت مخلوط بر محتوای کلروفیل *a*

نشان داد که بیشترین میزان این صفت در کشت مخلوط جو دی+نخود دی با ۱/۴۸ میلی‌گرم بر گرم در وزن تر در شرایط آبیاری مطلوب به‌دست آمد و کمترین میزان آن در کشت مخلوط جو آذر+نخود آذر با ۰/۵۲۳ میلی‌گرم بر گرم در وزن تر به‌دست آمد که با کشت مخلوط جو دی+نخود آذر تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین نتایج نشان داد که در شرایط تنش خشکی انتهای فصل محتوای کلروفیل *a* در همه تیمارها کاهش یافت و بیشترین و کمترین میزان کاهش آن به‌ترتیب با ۴۶/۶ و ۲۲/۳ درصد در کشت‌های مخلوط جو آذر+نخود دی و جو دی+نخود دی‌ماه به‌دست آمد (شکل ۱). مطابق با نتایج پژوهش حاضر کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در اثر تنش خشکی در لوبیاقرمز (Zedeh-Begheri *et al*., 2014) و ماش (Naresh *et al*., 2013) گزارش شده است. تنش خشکی باعث ایجاد اختلال در تولید آنزیم‌های ازبین برنده رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌گردد که این امر منجر به افزایش پراکسیداسیون چربی‌های غشایی و در نتیجه خسارت به غشاء سلولی و همچنین تخریب رنگدانه‌ها می‌شود (Masoumi *et al*., 2010). نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش نشان داد که در شرایط تنش خشکی انتهای فصل تیمارهای کشت مخلوط نخود دی‌ماه محتوای کلروفیل *a* بالاتری نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط داشتند (شکل ۱). می‌توان گفت تأخیر در کاشت نخود دی‌ماه باعث شده است که بوته‌های گیاه جو در اوایل دوره فصل رشد توسعه بیشتری نسبت به گیاه نخود پیدا کند و سبب سایه‌اندازی بوته‌های جو بر روی نخود و در نهایت جذب بهتر نیتروژن و کاهش رقابت برای جذب نیتروژن بین این دو گیاه گردد و در نتیجه باعث افزایش محتوای کلروفیل *a*شده است.

محتوای کلروفیل *b*

نتایج تجزیه واریانس این آزمایش بر محتوای کلروفیل *b* نشان داد که اثر تیمار آبیاری، ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط و اثر متقابل تیمار آبیاری و کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد بر محتوای کلروفیل *b* گیاه نخود معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج برهمکنش اثر تیمار آبیاری و کشت مخلوط بر محتوای کلروفیل *b* در گیاه نخود نشان داد که در شرایط تنش خشکی انتهای فصل محتوای کلروفیل *b* در همه تیمارها به‌جز تک‌کشتی نخود دی‌ماه کاهش یافت و بیشترین درصد کاهش محتوای کلروفیل *b* با ۴۵/۵ درصد در کشت مخلوط جو دی+نخود آذرماه به‌دست آمد (شکل ۲). Argenta *et al* (2004) گزارش کردند که افزایش محتوای کلروفیل برگ در گیاهانی که در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند، به‌دلیل وجود نیتروژن بالا در خاک و جذب آن توسط گیاه می‌باشد. Baharloei (2013) نیز در کشت مخلوط نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) مشاهده نمود کلروفیل *b* نخودفرنگی در تیمار کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری نسبت به کشت خالص افزایش یافت. Rasti sani *et al*, (2014) در بررسی صفات فیزیولوژیک گیاه لوبیا مشاهده کردند که با افزایش تنش خشکی شاخص کلروفیل در گیاهچه‌های لوبیا در شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. می‌توان بیان کرد که علت کاهش محتوای کلروفیل *b* در کشت مخلوط جو دی+نخود آذرماه نسبت به سایر تیمارها در شرایط تنش خشکی به این علت باشد که کشت به‌موقع نخود در آذرماه و تأخیر در کاشت جو در دی‌ماه باعث شده است که گیاه نخود مراحل نموی خود را سریع‌تر از گیاه جو طی نماید و به مرحله رشد زایشی برسد و از سایه‌اندازی گیاه جو برروی نخود کاسته شود و در نتیجه محتوای کلروفیل این تیمار کاهش یابد (شکل ۲).

آنزیم کاتالاز

نتایج تجزیه واریانس آنزیم کاتالاز نشان داد که اثر تیمار آبیاری، ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط و اثر متقابل تیمار آبیاری و کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که در شرایط تنش خشکی میزان آنزیم کاتالاز در همه تیمارها افزایش یافت و بیشترین میزان افزایش آنزیم کاتالاز با ۷۴/۰۴ در کشت مخلوط جو آذر+نخود دی‌ماه و کمترین میزان افزایش آن با ۱۲/۱۷ درصد در تک‌کشتی نخود آذرماه به‌دست آمد که با کشت مخلوط جوآذر+نخود آذرماه تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (شکل ۳). در این آزمایش در شرایط تنش خشکی میزان آنزیم کاتالاز در همه تیمارها افزایش یافت، ولی تیمار تک‌کشتی نخود آذرماه با ۱۲/۱۷ کمترین درصد افزایش آنزیم کاتالاز را به خود اختصاص داد و می‌توان گفت که این تیمار مقاومت کمتری را در مقابل با سایر تیمارها در مقابل تنش خشکی داشته است و تیمار حساس‌تری نسبت به سایر تیمارها می‌باشد. همچنین تأخیر در کاشت نخود دی‌ماه و کشت به‌موقع جو آذرماه باعث شده است که گیاه جو به‌خاطر حفظ رطوبت خاک در اوایل فصل رشد و فراهمی رطوبت مورد نیاز در شرایط تنش خشکی انتهای فصل، با کاهش رقابت برون‌گونه‌ای مواجه شود که درنهایت باعث افزایش میزان آنزیم کاتالاز و در نتیجه افزایش عملکرد در کشت

مخلوط جو آذر+نخود دی‌ماه نسبت به سایر ترکیب‌های مختلف کشت نخود شده است (شکل ۳).

کاتالاز یکی از مهم‌ترین آنزیم‌های جمع‌آوری‌کننده پراکسید هیدروژن به‌شمار می‌آید که افزایش فعالیت این آنزیم باعث افزایش مقاومت گیاه در شرایط تنش خشکی و درنتیجه موجب افزایش عملکرد محصول می‌شود (Hasanpour *et al.*, 2012). در مطالعه‌ای که برروی ژنوتیپ های نخود انجام شد، مشاهده گردید که تنش خشکی منجر به افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز در مقایسه با شرایط آبیاری مطلوب شد (Rahbarian *et al.*, 2012). Poursmaeil (2009) اظهار داشت که تنش خشکی سبب کاهش صفات زراعی لوبیاقرمز و افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله کاتالاز و پراکسیداز شده است و همچنین بیان کرد که افزایش آنزیم-های آنتی‌اکسیدان در شرایط تنش خشکی نشان‌دهنده اثر این آنزیم‌ها در کاهش خسارت‌های تنش اکسیداتیو و نقش مهم آن‌ها در مقابله با گونه‌های اکسیژن فعال می‌باشند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. مطابق با نتایج پژوهش حاضر،(2012) ,Anjun *et al* نیز افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز را در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری مطلوب گزارش نمودند.

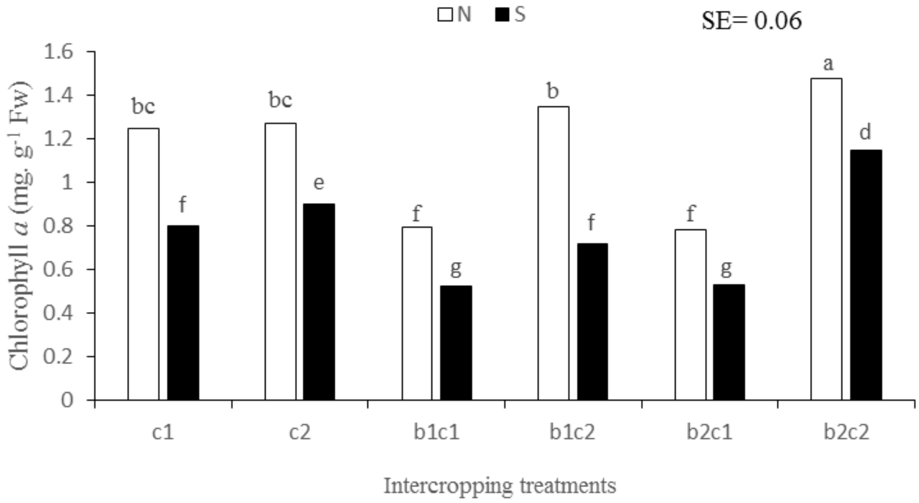
جدول۲- تجزیه واریانس اثر تیمار رژیم‌های آبیاری و تیمارهای کشت مخلوط با جو بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنزیمی و عملکرد و اجزای عملکرد نخود

Table 2. Analysis of variance for the effects of irrigation regimes and intercropping treatments with barley on photosynthetic pigments, enzyme activity, yield and yield components of chickpea

		میانگین مربعات MS									
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیل *a* Chlorophyll *a*	کلروفیل *b* Chlorophyll *b*	کاتالاز Catalase	پراکسیداز Peroxidase	تعداد غلاف در بوته Number of pods/plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed/pods	وزن۱۰۰۰دانه 1000-Seed weight	پروتئین دانه Seed protein	عملکرد دانه نخود Seed yield of Chickpea	عملکرد دانه جو Seed yield of Barley
تکرار Replication	2	0.008	0.0001	0.035	0.047	0.107	0.001	1304.8	0.732	7934.5	317711.94^{ns}
رژیم آبیاری Irrigation regime (A)	1	1.32**	0.036**	15.5**	154**	33.5**	0.049^{ns}	357.8^{ns}	0.352^{ns}	203347600*	573967.76^{ns}
خطای اصلی Main error A	2	0.0006	0.0001	0.026	0.162	0.008	0.014	1474.6	0.817	56608.3	47017
کشت مخلوط Intercropping (B)	5	0.405**	0.011**	4.61**	10.1**	231.2**	0.063**	9138**	26.6**	2386388.7**	**47017
(A) × (B) اثر متقابل	5	0.29**	0.014**	2.74**	13.5**	1.022^{ns}	0.011^{ns}	3499.9**	8.6**	1457546.6**	2048095.47^{ns}
خطای فرعی Sub error B	20	0.003	0.001	0.100	0.135	0.446	0.004	426.1	1.9	9231.08	327421.99
ضریب تغییرات CV (%)	-	6.36	12.49	19.2	7.09	4.22	6.43	35.7	5.46	31.9	17.14

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داربودن در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

ns, **,*: Non-significant and significant difference at ($p\leq 0.01$) and ($p\leq 0.05$) probability levels, respectively



شکل۱- برهمکنش رژیم آبیاری و تیمارهای کشت مخلوط با جو بر محتوای کلروفیل *a* نخود

N: آبیاری نرمال، S: تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو

c_1، c_2، b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1، b_2c_2 : به‌ترتیب تک‌کشتی نخود آذرماه، نخود دی‌ماه، کشت مخلوط جوآذر+نخودآذر، جو آذر+نخود دی، جو دی+نخود آذر، جو دی+نخود دی

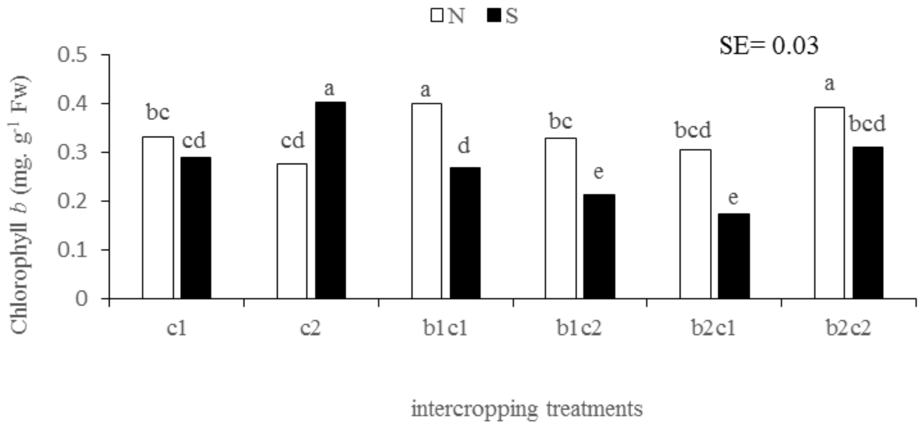
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر تیمار برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Fig. 1. Interaction effect of irrigation regimes and intercropping treatments with barley on chickpea chlorophyll *a* content

N: Normal irrigation, S: Drought stress at milk development of barley seed

c_1, c_2, b_1c_1, b_1c_2, b_2c_1 and b_2c_2 were chickpea in mono cropping on December and January, barley on December+chickpea on December, barley on December+chickpea on January, barley on January+chickpea on December, barley on January+chickpea on January, intercropping, respectively

Means with similar letters in each treatment for each traits have not significant difference based on LSD ($p\leq 0.05$) test.



شکل ۲- برهمکنش رژیم آبیاری و تیمارهای کشت مخلوط با جو بر محتوای کلروفیل *b* نخود

N: آبیاری نرمال، S: تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو

c_1، c_2، b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1، b_2c_2 : به‌ترتیب تک‌کشتی نخود آذرماه، نخود دی‌ماه، کشت مخلوط جوآذر+نخودآذر، جو آذر+نخود دی، جو دی+نخود آذر، جو دی+نخود دی

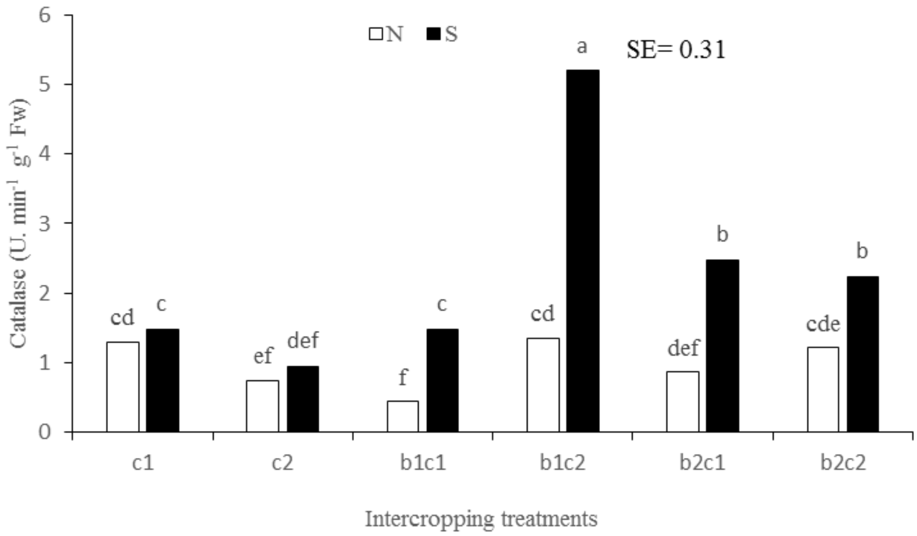
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر تیمار برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Fig. 2. Interaction effect of irrigation regimes and intercropping treatments with barley on chickpea chlorophyll *b* content

N: Normal irrigation, S: Drought stress at milk development of barley seed

c_1, c_2, b_1c_1, b_1c_2, b_2c_1 and b_2c_2 were chickpea in mono cropping on December and January, barley on December+chickpea on December, barley on December+chickpea on January, barley on January+chickpea on December, barley on January+chickpea on January, intercropping, respectively

Means with similar letters in each treatment for each traits have not significant difference based on LSD ($p\leq 0.05$) test.



شکل ۳- برهمکنش رژیم آبیاری و تیمارهای کشت مخلوط با جو بر مقدار آنزیم کاتالاز نخود

N: آبیاری نرمال، S: تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو

c_1، c_2، b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1، b_2c_2 : به‌ترتیب تک‌کشتی نخود آذرماه، نخود دی‌ماه، کشت مخلوط جوآذر+نخودآذر، جو آذر+نخود دی، جو دی+نخود آذر، جو دی+نخود دی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر تیمار برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Fig. 3. Interaction effect of irrigation regimes and intercropping treatments with barley on chickpea catalase enzyme content

N: Normal irrigation, S: Drought stress at milk development of barley seed

c_1, c_2, b_1c_1, b_1c_2, b_2c_1 and b_2c_2 were chickpea in mono cropping on December and January, barley on December+chickpea on December, barley on December+chickpea on January, barley on January+chickpea on December, barley on January+chickpea on January, intercropping, respectively

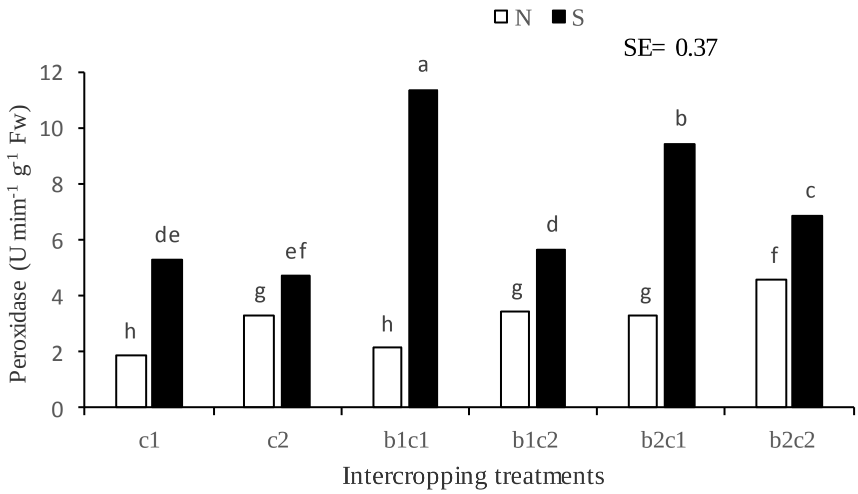
Means with similar letters in each treatment for each traits have not significant difference based on LSD ($p \leq 0.05$) test.

آنزیم پراکسیداز

نتایج تجزیه واریانس آنزیم پراکسیداز نشان داد که اثر تیمار آبیاری، ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط و اثر متقابل بین تیمار آبیاری و کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد بر میزان آنزیم پراکسیداز معنی‌دار بود (جدول۲). در شرایط تنش خشکی میزان آنزیم پراکسیداز در همه ترکیب‌های مختلف کشت نخود افزایش یافت و بیشترین و کمترین میزان این آنزیم در شرایط تنش خشکی به‌ترتیب با ۸۱/۳۶ و ۲۹/۷۵ درصد در کشت مخلوط جو آذر+نخود آذرماه و تک‌کشتی نخود دی‌ماه به‌دست آمد (شکل ۴). می‌توان گفت که یکی از دلایل افزایش آنزیم پراکسیداز در کشت مخلوط جوآذر+نخود آذرماه افزایش میزان پروتئین باشد (شکل ۹). از دیگر دلایل افزایش آنزیم پراکسیداز در کشت مخلوط نخود آذر+جو آذرماه می‌تواند وجود باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن باشد. Pomplli *et al*, (2010) افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز را در پاسخ به تنش خشکی گزارش نموده‌اند. مطابق با نتایج پژوهش حاضر، Abedi & Pakniyat (2010) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی میزان آنزیم پراکسیداز افزایش پیدا می‌کند.

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس تعداد غلاف در بوته نخود نشان داد که تیمارهای تنش خشکی و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط دارای اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر تعداد غلاف در بوته نخود بودند. این درحالی است که برهمکنش تیمارهای تنش خشکی و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط دارای اثر معنی‌داری بر این صفت نبودند (جدول ۲). نتایج نشان داد که تعداد غلاف در بوته نخود در شرایط آبیاری مطلوب ۱۶/۷۹ غلاف در بوته نخود به‌دست آمد که پس از اعمال تیمار تنش خشکی انتهای فصل این مقدار به ۱۴/۸۶ غلاف در بوته نخود کاهش یافت که با تیمار آبیاری مطلوب اختلاف ۱۱/۵ درصدی داشت (جدول ۳). Amiri Deh Ahmadi *et al*, (2010) در آزمایشی اثر تنش خشکی را در مراحل مختلف فنولوژیک گیاه نخود بررسی کرده و نتیجه گرفتند که بیشترین کاهش تعداد غلاف در بوته در اثر تنش خشکی در مرحله گلدهی به‌دست آمد. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته نخود با ۲۴/۸۳ غلاف در کشت مخلوط جو دی+نخود آذرماه و کمترین میزان در تک‌کشتی نخود آذرماه با ۱۰ غلاف به‌دست آمد (جدول ۳).



شکل ۴- برهمکنش رژیم آبیاری و تیمارهای کشت مخلوط با جو بر مقدار آنزیم پراکسیداز نخود

N: آبیاری نرمال، S: تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو

c_1، c_2، b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1، b_2c_2 : به‌ترتیب تک‌کشتی نخود آذرماه، نخود دی‌ماه، کشت مخلوط جوآذر+نخودآذر، جو آذر+نخود دی، جو دی+نخود آذر، جو دی+نخود دی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر تیمار برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Fig. 4. Interaction effect of irrigation regimes and intercropping treatments with barley on chickpea peroxidase enzyme content

N: Normal irrigation, S: Drought stress at milk development of barley seed

c_1, c_2, b_1c_1, b_1c_2, b_2c_1 and b_2c_2 were chickpea in mono cropping on December and January, barley on December+chickpea on December, barley on December+chickpea on January, barley on January+chickpea on December, barley on January+chickpea on January, intercropping, respectively

Means with similar letters in each treatment for each traits have not significant difference based on LSD ($p \leq 0.05$) test.

می‌توان بیان کرد که علت کاهش تعداد غلاف در بوته نخود در تیمارهای تک‌کشتی، وجود رقابت شدید در جذب منابع و کاهش منابع محیطی دردسترس گیاه می‌باشد. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که وجود ردیف‌های طراحی‌شده جو دی‌ماه به‌عنوان کشت تأخیری در داخل ردیف‌های نخود آذرماه باعث فراهم‌کردن رطوبت و کاهش رقابت درون‌گونه‌ای به ویژه رقابت بر سر نور شده و همچنین کشت به‌موقع نخود آذرماه باعث شده است که گرده‌افشانی و دوره پرشدن دانه‌ها در شرایطی که درجه‌حرارت محیط کمتر است، صورت گیرد؛ در نتیجه باعث افزایش تعداد غلاف در بوته نخود شده است. Niksirat *et al,* (2016) در آزمایشی اثر تنش خشکی را بر روی عملکرد نخود و باقلا در ارقام جو بررسی کرده و گزارش کردند که تنش خشکی انتهای فصل باعث کاهش ۳۷ درصدی تعداد غلاف در بوته می‌شود که در پژوهش حاضر تنش خشکی انتهای فصل باعث کاهش ۱۴/۸۶ درصدی تعداد غلاف در بوته نخود گردید.

تعداد دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس تعداد دانه در غلاف گیاه نخود نشان داد که ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط دارای اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در غلاف گیاه نخود بودند. این در حالی است که اثر تیمارهای آبیاری و برهمکنش بین تنش خشکی و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط دارای اثر معنی‌داری بر این صفت نبودند (جدول ۲). نتایج نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف در تک‌کشتی نخود دی‌ماه با ۱/۲۳ دانه در غلاف و کمترین میزان این صفت با ۰/۹۷ دانه در غلاف در کشت‌های مخلوط جو آذر+نخود دی و جو دی+نخود دی به‌دست آمد (جدول ۳) که با نتایج Rezvani Moghadam & Moradi6 (2013) در کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله مطابقت داشت.

جدول۳- میانگین برخی صفات اندازه‌گیری‌شده نخود تحت رژیم آبیاری و تیمارهای کشت مخلوط

Table 3. Mean comparisons for measured chickpea traits under different irrigation regimes and intercropping treatments with barley

صفات اندازه‌گیری‌شده Measured traits	رژیم آبیاری Irrigation regimes		تیمارهای کشت مخلوط Intercropping treatments					
	N	S	c_1	c_2	b_1c_1	b_1c_2	b_2c_1	b_2c_2
تعداد غلاف در بوته Number of pods/plant	16.79[a]	14.86[b]	10.00[e]	11.12[d]	15.34[c]	22.00[b]	24.83[a]	11.67[d]
تعداد دانه درغلاف Number of grain /pods	1.04[b]	1.11[a]	1.16[ab]	1.23[a]	1.05[cd]	0.975[d]	1.083[cb]	0.975[d]

N: آبیاری نرمال، S: تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو

c_1، c_2، b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1، b_2c_2 : به‌ترتیب تک‌کشتی نخود آذر ماه، نخود دی‌ماه، کشت مخلوط جو آذر+نخود آذر، جو آذر+نخود دی، جو دی+نخود آذر، جو دی+نخود دی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

N: Normal irrigation, S: Drought stress at milk development of barley seed

c_1, c_2, b_1c_2, b_1c_1, b_2c_1 and b_2c_2 were chickpea in mono cropping on December and January, barley on December+chickpea on December, barley on December+chickpea on January, barley on January+chickpea on December, barley on January+chickpea on January intercropping, respectively.

Means with similar letters in each row have not significant difference based on LSD ($p \leq 0.05$) test.

در این آزمایش بین تیمارهای تک‌کشتی نخود آذرماه و نخود دی‌ماه و کشت‌های مخلوط جو آذر+نخود دی، جو آذر+نخود آذر، جو دی+نخود دی و همچنین بین تیمارهای کشت مخلوط جو دی+نخود آذر و جو آذر+نخود آذر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد که علت افزایش تعداد دانه در غلاف در تیمارهای تک‌کشتی نسبت ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط کاهش تعداد غلاف در بوته باشد، به این صورت که با کاهش تعداد غلاف در بوته تک کشتی‌های نخود برای رشد و تکامل دانه‌ها مواد پرورده بیشتری را به دانه‌ها منتقل کرده و باعث افزایش تعداد دانه در غلاف شده است. مطابق با نتایج پژوهش حاضر Koocheki *et al*, (2010) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا نیز گزارش کردند که تعداد دانه لوبیا در کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

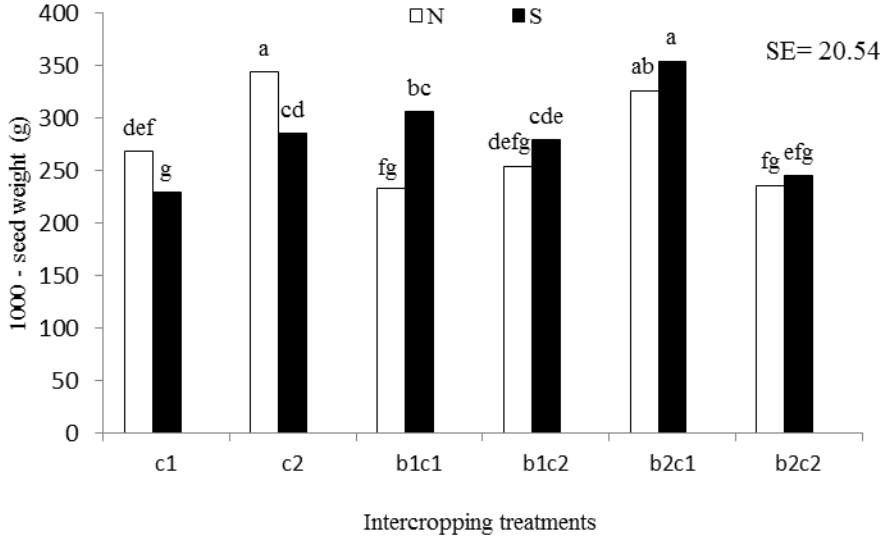
وزن۱۰۰۰دانه

نتایج تجزیه واریانس وزن۱۰۰۰دانه نشان داد که اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط و برهمکنش تیمارهای رژیم آبیاری و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد بر وزن۱۰۰۰دانه نخود معنی‌دار بود، در صورتی‌که تیمار رژیم آبیاری اثر معنی‌داری بر وزن۱۰۰۰دانه نخود نداشت (جدول ۲). نتایج برهمکنش اثر تیمارهای آبیاری و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر وزن۱۰۰۰دانه گیاه نخود نشان داد که بیشترین وزن۱۰۰۰دانه نخود در کشت مخلوط جو دی+نخود آذرماه با ۳۵۴ گرم در شرایط تنش خشکی به دست آمد که با تک‌کشتی نخود دی‌ماه در شرایط آبیاری مطلوب اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان این صفت در شرایط تنش خشکی و در تک‌کشتی نخود آذرماه با ۲۲۹گرم به‌دست آمد که با تیمار جو دی+نخود آذرماه اختلاف ۳۵/۳۲ درصدی داشت (شکل ۵). در تیمارهای کشت مخلوط به دلیل افزایش جذب نور توسط پوشش گیاهی و در نتیجه تولید مواد فتوسنتزی بالاتر، در گیاه نخود مواد فتوسنتزی بیشتری به مقصد (دانه‌ها) اختصاص یافته و باعث افزایش وزن۱۰۰۰دانه شد (Banik *et al*., 2006).

Hamzei *et al*, (2012) در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط نخود و جو در رقابت با علف‌های هرز انجام دادند، نتیجه گرفتند که بیشترین وزن۱۰۰۰دانه در هر دو شرایط عاری از علف هرز و آلوده به علف‌هرز در تیمارهای کشت مخلوط به‌دست آمد. می‌توان گفت که یکی از دلایل افزایش وزن۱۰۰۰دانه در تیمار جو دی+نخود آذرماه افزایش تعداد دانه در غلاف باشد. تأخیر در کاشت جو و کشت به‌موقع نخود درکشت مخلوط جو دی+نخود آذرماه باعث شده است تا بوته های نخود در اوایل دوره رشد استقرار یابند و در مراحل توسعه شاخ و برگ، کمتر تحت تأثیر غالبیت جو و رقابت بین‌گونه‌ای قرار گیرند، در نتیجه وزن۱۰۰۰دانه افزایش یابد. تنش خشکی باعث افزایش وزن۱۰۰۰دانه در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص گردید که بیشترین میزان افزایش وزن۱۰۰۰دانه با ۲۳/۸۶ درصد مربوط به کشت مخلوط و جو آذر+نخود آذر بود (شکل ۵).

پروتئین دانه نخود

نتایج تجزیه واریانس پروتئین دانه گیاه نخود نشان داد که اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط و برهمکنش بین تیمارهای آبیاری و کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد بر میزان پروتئین دانه گیاه نخود معنی‌دار بود. این درحالی بود که تیمارهای آبیاری اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (جدول ۲).



شکل ۵- برهمکنش رژیم آبیاری و تیمارهای کشت مخلوط با جو بر وزن۱۰۰۰دانه نخود

N: آبیاری نرمال، S: تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو

c_1، c_2، b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1، b_2c_2 : به‌ترتیب تک‌کشتی نخود آذرماه، نخود دی‌ماه، کشت مخلوط جوآذر+نخودآذر، جو آذر+نخود دی، جو دی+نخود آذر، جو دی+نخود دی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر تیمار برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Fig. 5. Interaction effect of irrigation regimes and intercropping treatments with barley on chickpea 1000 seed weight

N: Normal irrigation, S: Drought stress at milk development of barley seed

c_1, c_2, b_1c_1, b_1c_2, b_2c_1 and b_2c_2 were chickpea in mono cropping on December and January, barley on December+chickpea on December, barley on December+chickpea on January, barley on January+chickpea on December, barley on January+chickpea on January, intercropping, respectively

Means with similar letters in each treatment for each traits have not significant difference based on LSD ($p \leq 0.05$) test.

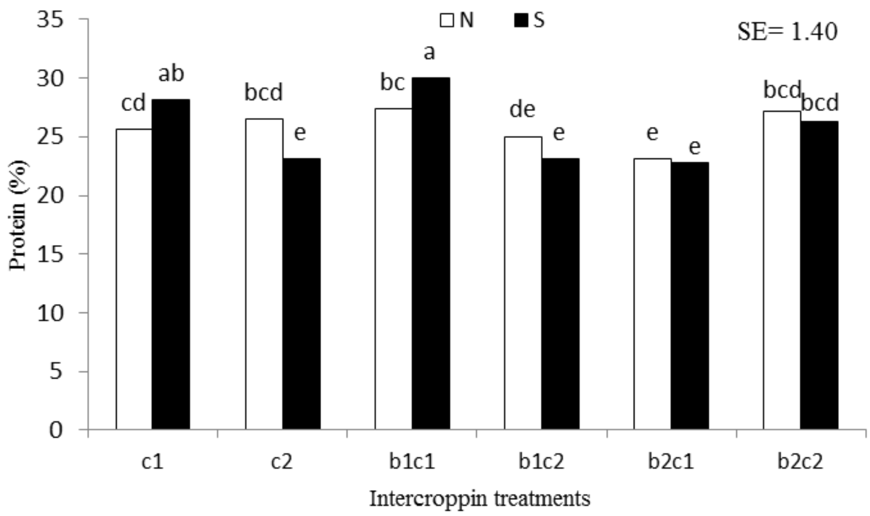
بیشترین میزان پروتئین دانه نخود در شرایط تنش خشکی با ۳۰ درصد در کشت مخلوط جو آذر+نخود آذر و کمترین میزان آن در کشت مخلوط جو دی+نخود آذر با ۲۲/۸۱ به‌دست آمد که با تک‌کشتی نخود دی‌ماه و کشت مخلوط جو آذر+نخود دی در شرایط تنش خشکی و کشت مخلوط جو دی+نخود آذر و جو آذر+نخود دی در شرایط آبیاری مطلوب اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (شکل ۶).

Shaker koohi *et al,* (2014) در کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و ماش (*Vigna radiate* L.) دریافتند که میزان پروتئین دانه در هر دو گونه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص افزایش یافت. بالاتربودن درصد پروتئین در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری می تواند به‌دلیل کاهش طول دوره رشد در شرایط تنش خشکی باشد که با مشاهدات Jalilian *et al,* (2005) در ارقام نخود مطابقت دارد.

عملکرد دانه نخود

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد دانه نخود و نیز اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط و همچنین برهمکنش تیمارهای آبیاری و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه نخود معنی‌دار بود (جدول ۲).

بیشترین عملکرد دانه نخود در تک‌کشتی نخود دی‌ماه با ۳۰۱۵/۵ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری مطلوب به‌دست آمد و کمترین میزان آن در شرایط تنش خشکی و در کشت مخلوط جو دی+نخود دی‌ماه با ۳۱۵/۶۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که با کشت مخلوط جو آذر+نخود دی و جو آذر+نخود آذر در شرایط آبیاری مطلوب اختلاف آماری معنی داری نداشت (شکل ۷).



شکل ۶- برهمکنش رژیم آبیاری و تیمارهای کشت مخلوط بر پروتئین دانه نخود

N: آبیاری نرمال، S: تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو

c_1، c_2، b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1، b_2c_2 : به‌ترتیب تک‌کشتی نخود آذرماه، نخود دی‌ماه، کشت مخلوط جوآذر+نخودآذر، جو آذر+نخود دی، جو دی+نخود آذر، جو دی+نخود دی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر تیمار برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Fig. 6. Interaction effect of irrigation regimes and intercropping treatments with barley on chickpea protein seed

N: Normal irrigation, S: Drought stress at milk development of barley seed

c_1, c_2, b_1c_1, b_1c_2, b_2c_1 and b_2c_2 were chickpea in mono cropping on December and January, barley on December+chickpea on December, barley on December+chickpea on January, barley on January+chickpea on December, barley on January+chickpea on January, intercropping, respectively

Means with similar letters in each treatment for each traits have not significant difference based on LSD ($p \leq 0.05$) test.

به‌طورکلی بیشترین عملکرد دانه گیاه نخود در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی با توجه به تراکم کشت بالاتر از تیمارهای تک‌کشتی جو آذر و جو دی‌ماه به‌دست آمد و تیمارهای تک‌کشتی نسبت به کشت مخلوط برتری داشتند که با نتایج Namdari & Mahmoodi (2013) در کشت مخلوط نخود و کلزا مطابقت داشت.

Rezaei chiyaneh *et al*, (2014) در بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط زیره سبز و عدس در کشت دوم دریافتند که بیشترین عملکرد دو گونه، از کشت خالص و کمترین میزان آن‌ها از الگوی کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس با دو ردیف زیره سبز به‌دست آمد.

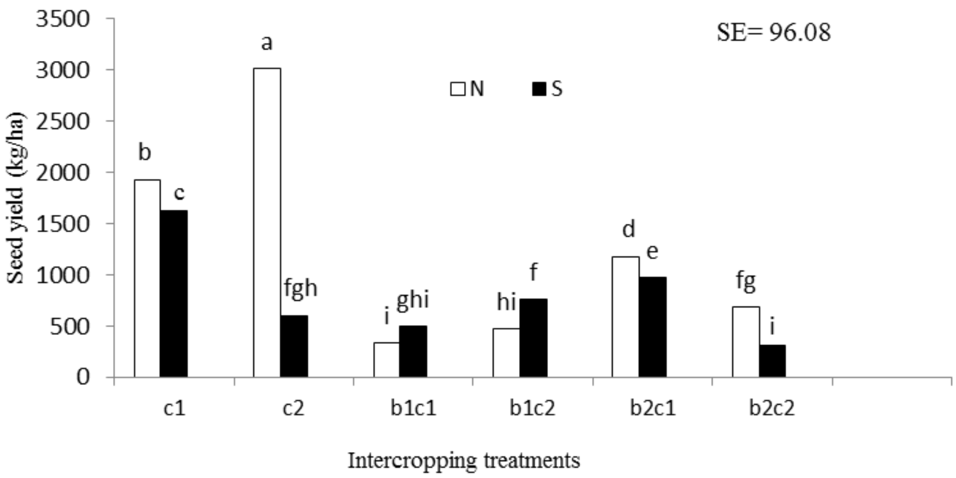
در بررسی عملکرد گیاه دارویی سیاه‌دانه در کشت مخلوط با نخود و لوبیا مشخص شد که عملکرد دانه هر سه گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و میانگین این صفت در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بالاتر بود (Koocheki *et al*., 2014).

در این آزمایش پس از اعمال تنش خشکی انتهای فصل عملکرد دانه نخود در همه تیمارها به‌جز در کشت‌های مخلوط جو آذر+نخود دی‌ماه و جو آذر+نخود آذرماه نسبت به آبیاری مطلوب کاهش یافت (شکل ۷). می‌توان بیان کرد که علت افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی در کشت مخلوط جو آذر+نخود دی‌ماه نسبت به سایر تیمارها افزایش بیشتر میزان آنزیم کاتالاز در این تیمار باشد (شکل ۳).

عملکرد دانه جو

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه گیاه جو نشان داد که عملکرد دانه جو به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوهای کشت قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه جو در کشت مخلوط جو آذر+نخود دی‌ماه با ۴۲۱۵/۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (شکل ۸). در این آزمایش به نظر می‌رسد که جو آذرماه به دلیل خصوصیات ظاهری و ارتفاع بیشتری که نسبت به نخود دی‌ماه دارد، گیاه غالب بوده و نخود دی‌ماه رقابت کمتری با جو ایجاد می‌کند و باعث دسترسی بیشتر جو به منابع شده و در نهایت باعث افزایش عملکرد در کشت مخلوط جو آذر+نخود دی‌ماه شد.

Piroozi *et al*, (2012) اظهار کردند که تأخیر در کشت لوبیا در کشت مخلوط ذرت با لوبیا باعث افزایش عملکرد ذرت نسبت به کشت همزمان و یا کشت تأخیری ذرت در مخلوط ذرت با لوبیا شد. بیشترین عملکرد دانه نخود در تک‌کشتی نخود دی‌ماه با ۳۰۱۵/۵ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل۸).



شکل ۷- برهمکنش رژیم آبیاری و تیمارهای کشت مخلوط بر عملکرد دانه نخود

N: آبیاری نرمال، S: تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو

c_1، c_2، b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1، b_2c_2 : به‌ترتیب تک‌کشتی نخود آذرماه، نخود دی‌ماه، کشت مخلوط جوآذر+نخودآذر، جو آذر+نخود دی، جو دی+نخود آذر، جو دی+نخود دی

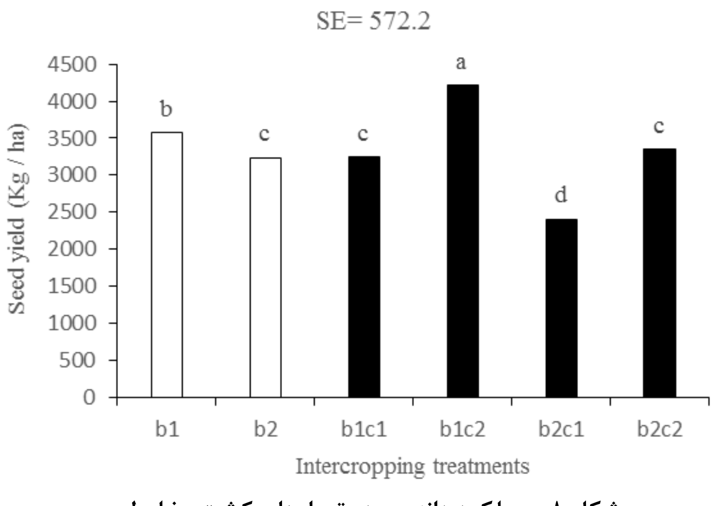
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر تیمار برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Fig. 7. Interaction effect of irrigation regimes and intercropping treatments with barley on chickpea seed yield

N: Normal irrigation, S: Drought stress at milk development of barley seed

c_1, c_2, b_1c_1, b_1c_2, b_2c_1 and b_2c_2 were chickpea in mono cropping on December and January, barley on December+chickpea on December, barley on December+chickpea on January, barley on January+chickpea on December, barley on January+chickpea on January, intercropping, respectively

Means with similar letters in each treatment for each traits have not significant difference based on LSD ($p \leq 0.05$) test.



شکل ۸- عملکرد دانه جو در تیمارهای کشت مخلوط

c_1، c_2، b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1، b_2c_2 : به‌ترتیب تک‌کشتی نخود آذرماه، نخود دی‌ماه، کشت مخلوط جوآذر+نخودآذر، جو آذر+نخود دی، جو دی+نخود آذر، جو دی+نخود دی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر تیمار برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Fig. 8. The mean comparison barley seed yield intercropping treatments

c_1, c_2, b_1c_1, b_1c_2, b_2c_1 and b_2c_2 were chickpea in mono cropping on December and January, barley on December+chickpea on December, barley on December+chickpea on January, barley on January+chickpea on December, barley on January+chickpea on January, intercropping, respectively

Means with similar letters in each treatment for each traits have not significant difference based on LSD ($p \leq 0.05$) test.

نسبت برابری زمین (LER)

نتایج تجزیه واریانس شاخص نسبت برابری زمین نشان داد که برهمکنش تنش خشکی و الگوهای کشت مخلوط اثر معنی داری بر LER نخود و کل داشت (جدول ۴). تنش خشکی به‌ترتیب باعث افزایش ۵۸ و ۲۵ درصدی LER نخود و کل نسبت به شرایط آبیاری مطلوب شد (جدول ۴). بیشترین میزان LER نخود و کل در کشت مخلوط جو آذر+نخود دی‌ماه در شرایط تنش خشکی به‌ترتیب ۱/۴۶ و ۲/۴۵ بود (جدول ۵). افزایش جذب عناصر غذایی و آب به‌وسیله سیستم ریشه‌ای متفاوت در کشت مخلوط (Stolz & Nadeau, 2014) و از طرفی افزایش LER نخود در شرایط تنش خشکی باعث شد که LER کل افزایش یابد که با نتایج Niksirat *et al*, (2018) در بررسی کشت مخلوط جو با حبوبات مطابقت داشت.

در آزمایشی دیگر که روی کشت مخلوط ریحان و ذرت انجام گردید، نسبت LER در همه الگوهای کشت مخلوط بیشتر از یک به‌دست آمد (Mabudi & Salmasi, 2017).

Zhang *et al*, (2007) در مطالعه‌ای که روی کشت مخلوط تأخیری گندم و پنبه انجام دادند، گزارش کردند که همه تیمارهای کشت مخلوط باعث افزایش نسبت برابری زمین‌شدند که در میان آن‌ها آرایش های کاشت ۳:۱، ۳:۳، ۴:۳ بالاترین نسبت برابری زمین (LER =۱/۳۹) را نشان دادند که در مقایسه با آرایش (۶:۲) با (LER =۱/۲۸) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد.

همچنین در این آزمایش می‌توان بیان کرد که یکی از دلایل افزایش LER در کشت مخلوط جو آذر+نخود دی‌ماه افزایش عملکرد در این تیمار نسبت به سایر تیمارها در شرایط تنش خشکی باشد (شکل ۲). از طرفی افزایش LER در این تیمار (LER =۲/۴۵) نسبت به سایر تیمارها می‌تواند به این علت باشد که کشت زودهنگام گیاه جو در آذرماه و تأخیر در کاشت گیاه نخود در دی‌ماه باعث شده است که گیاه نخود در زمانی کشت شود که جو آذرماه در اوایل فصل رشد، سریع‌تر استقرار یافته و به مرحله رشد رویشی رسیده و کاشت نخود در دی‌ماه باعث کمترشدن رقابت برون‌گونه‌ای بین این دو گیاه و در نهایت افزایش LER گردیده است. بنابراین در این تیمار گیاه نخود با توجه به نسبت برابری زمین در نخود و کل از فواید کشت مخلوط با جوسودمندی بیشتری برده است (جدول۵).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر رژیم آبیاری و تیمارهای کشت مخلوط بر نسبت برابری زمین جو، نخود و کل

Table 4. Analysis of variance (mean of squares) for irrigation regimes and intercropping treatments on land equivalent ratio of barley, chickpea and total

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS) نسبت برابری زمین Land equivalent ratio		
		LER_{barley}	$LER_{chickpea}$	LER_{total}
تکرار Replication	2	0.0047^{ns}	0.0017^{ns}	0.057^{ns}
رژیم آبیاری Irrigation regime (A)	1	0.023^{ns}	1.052^{**}	0.764^{**}
خطای اصلی Main error A	2	0.0832	0.0031	0.067
تیمارهای کشت مخلوط Intercropping treatments (B)	3	0.012^{ns}	0.37^{**}	0.518^{**}
A×B	3	0.019^{ns}	0.564^{**}	0.547^{**}
خطای فرعی Sub error B	12	0.0066	0.0067	0.012
CV (%)		8.47	16.33	7.57

ns و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داربودن در سطح احتمال ۱درصد

ns and **: Non-significant and significant difference at ($p \leq 0.01$) probability level, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین نخود و کل

Table 5. The mean comparisons for land equivalent ratio of chickpea and total

رژیم آبیاری **Irrigation regimes**	تیمارهای کشت مخلوط **Intercropping treatments**	نسبت برابری زمین **Land equivalent ratio**	
		$LER_{chickpea}$	**LER_{total}**
N	b_1c_1	0.17[cd]	1.18[cd]
	b_1c_2	1.15[d]	1.20[cd]
	b_2c_1	0.60[b]	1.55[b]
	b_2c_2	0.22[cd]	1.20[cd]
S	b_1c_1	0.30[c]	1.13[d]
	b_1c_2	1.46[a]	2.45[a]
	b_2c_1	0.54[b]	1.57[b]
	b_2c_2	0.52[b]	1.41[bc]
SE		0.08	0.11

N: آبیاری نرمال، S: تنش خشکی در مرحله شیری‌شدن دانه جو

c_1، c_2، b_1c_1، b_1c_2، b_2c_1، b_2c_2: به‌ترتیب تک‌کشتی نخود آذر ماه، نخود دی‌ماه، کشت مخلوط جو آذر+نخود آذر، جو آذر+نخود دی، جو دی+نخود آذر، جو دی+نخود دی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ردیف برای هر صفت بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد، دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

N: Normal irrigation, S: Drought stress at milk development of barley seed

c_1, c_2, b_1c_2, b_1c_1, b_2c_1 and b_2c_2 were chickpea in mono cropping on December and January, barley on December+chickpea on December, barley on December+chickpea on January, barley on January+chickpea on December, barley on January+chickpea on January intercropping, respectively.

Means with similar letters in each row have not significant difference based on LSD ($p\leq 0.05$) test.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که به‌طور کلی تنش خشکی انتهای فصل باعث کاهش میزان کلروفیل *a* گردید و بیشترین و کمترین میزان کاهش آن به‌ترتیب با ۴۶/۶ و ۲۲/۳ درصد در کشت‌های مخلوط جو آذر+نخود دی و جو دی+نخود دی‌ماه به دست آمد همچنین تنش خشکی میزان کلروفیل *b* را در همه تیمارها به‌جز نخود دی‌ماه کاهش داد، در صورتی‌که تنش خشکی باعث افزایش میزان آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز گردید که بیشترین میزان افزایش آن‌ها به‌ترتیب با ۷۴/۰۴ و ۸۱/۳۶ درصد در کشت‌های مخلوط جو آذر+نخود دی‌ماه و جو آذر+نخود آذرماه به‌دست آمد. تنش خشکی به‌ترتیب باعث افزایش ۵۸ و ۲۵ درصدی LER نخود و کل نسبت به شرایط آبیاری مطلوب شد. در بین تیمارهای کشت مخلوط بیشترین عملکرد دانه جو و نخود در شرایط تنش خشکی در کشت مخلوط جو آذر+ نخود دی‌ماه به‌دست آمد که می‌تواند علت افزایش عملکرد در این تیمار در شرایط تنش خشکی را افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز بیان کرد. تنش خشکی تعداد غلاف در بوته را به میزان ۱۱/۵ درصد کاهش داد. همچنین بیشترین وزن۱۰۰۰دانه و پروتئین دانه نخود در شرایط تنش خشکی به ترتیب با ۳۵۴ گرم و ۳۰ درصد در تیمارهای کشت مخلوط جو دی+نخود آذر و جو آذر+نخود آذر به‌دست آمد. با توجه به کاهش میزان نزولات آسمانی، منابع آب‌های زیرزمینی و همچنین آلوده‌بودن مزارع شهرستان داراب به علف‌های‌هرز و هزینه بالای استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی، سطح زیرکشت مزارع در منطقه کاهش یافته و باعث آثار تخریبی این مواد بر اکوسیستم‌های زراعی شده است، به همین دلیل تنها راه باقیمانده افزایش تولید در واحد سطح می‌باشد. استفاده از گونه‌های گیاهی با فنولوژی و خصوصیات مورفولوژیکی متفاوت که کمترین رقابت را در یک آشیان اکولوژیک ثابت ازنظر دریافت عوامل محیطی در مکان و زمان با یکدیگر ایجاد کند، گام مهمی در موفقیت کشت مخلوط در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. استفاده از کشت مخلوط تأخیری به دلیل کاهش رقابت بین‌گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای از طریق استفاده بهینه از عوامل محیطی موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد هر دو گونه زراعی می‌شود. در این آزمایش با توجه به این‌که تیمار جو آذر+نخود دی‌ماه از میزان عملکرد بالاتری در شرایط تنش خشکی برخوردار بود، می‌تواند برای کشت در منطقه داراب توصیه گردد. بنابراین کشت مخلوط تأخیری با ایجاد تنوع در اکوسیستم‌های کشاورزی و همچنین ایجاد پایداری و ثبات تولید می‌تواند در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به‌طور چشمگیری مؤثر باشد.

منابع

1. Abedi, T., and Pakniyat, H. 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics Plant Breeding 46(1): 27-34.
2. Aebi, H., 1984. Catalase *in vitro*. Methods in Enzymology 105: 121-126.

3. Alisan, M., Arian, M.A., Khanzada, S., Nagvi, M.H., Lemardahal, M., and Nizamani, N.A. 2005. Yield and quality parameters of wheat genotypes as affected by sowing data and high temperature stress. Pakistan Journal of Botany 3: 576-584.
4. Amani Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M.R., and Maggi, F. 2018. Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Cleaner Production 171: 529-537.
5. Amiri Deh Ahmadi, S.R., Parsa, M., and Ganjeali, A. 2010. The effects of drought stress at different phenology stage on morphological traits and yield components of a chickpea (*Cicer arietinum* L.) under greenhouse conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 301-317.
6. Anjum, S.A., Farooq, M., Xie, X.Y., Liu, X.J., and Ijaz, M.F. 2012 Antioxidant defensesystem and proline accumulation enables hot pepper to perform better underdrought Scientia Horticulturae 140: 66-73.
7. Argenta, G., Da Silva, P.R.F., and Sangoi, L. 2004. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter predicts nitrogen fertilization in maize. Ciencia Rural 34(5): 1379-1387.
8. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Journal of Agronomy 23: 112-121.
9. Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghase, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in additive series experiment: advantages and smothering. Agronomy Journal 24: 324-332.
10. Bashir, M.U., Akbar, N., Iqbal, A., and Zaman, H. 2010. Effect of different sowing date on yield and yield components of direct seed coarse rice. Pakistan Journal of Agriculture Science 74(4): 361-365.
11. Baharloei, S. 2013. Effect of plant competition on nitrogen requirements for pea (*Pisum sativum* L.) and canola (*Brassica napus* L.) intercropping. MSc.Thesis University of Shahrekord, Iran. (In Persian with English Summary).
12. Chapagain, T., and Riseman, A. 2014. Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. Field Crops Research 166: 18-25.
13. Chance, B., and Maehly, A.C., 1955. Assay of catalases and peroxidase. Methods in Enzymology 2: 764-775.
14. Daneshmand, A.R., Shirani Rad, A.H., and Ardakani, M.R. 2006. Evaluation of water deficit stress on tolerance of spring rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. Journal of Agronomy Research 1: 48-60.
15. El-Hawary, N.A. 2009. Formulas for relay intercropping and crop sequence systems evaluation. Journal of Applied Sciences Research 5: 2074-2082.
16. FAO. 2017. http: //faostat.Fao.Org.
17. Grimes, D.W., Yamada, H., and Hughes, S.W. 1987. Climate-normalized cotton leaf water potentials for irrigation cheduling. Agriculture and Water Management 12: 293-304.
18. Hamzei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G., and Abutalebian, M.A. 2012. The effect of additive intercropping on weed suppression, yield and yield components of chickpea and barley. Journal of Crop Production and Processing 2: 43-56. (In Persian with English Summary).
19. Hui-Ping, D., Chan-juan, S.H., An-Zh, W., and Tuxi, Y. 2012. Leaf senescence and photosynthesis in foxtail (*Sataria italica* L.) varieties exposed to drought conditions. Australian Journal of Crop Science 6(2): 232-237.
20. Jalilian, J., Sanawi, A.M., and Sabbaghpour, H. 2005. Effect of plant density and supplementary irrigation on yield and yield components of chickpea cultivars. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 12(5): 1-9. (In Persian with English Summary).
21. Koocheki, A., Najibnia, S., and Lalehgani, B. 2010. Evaluation of saffron yield (*Crocus sativa* L.) in intercropping with cereals, pulses & medicinal plants. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 173-182. (In Persian with English Summary).
22. Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Borumand Rezazadeh, Z., Jahani, M., and Jafari, L. 2014. Yield responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and bean (*Phaseoluse vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 1-8. (In Persian with English Summary).
23. Lopez-Belido, R.J., and Lopez-Bellido, L. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean condition: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. Field Crops Research 71: 31-46.
24. Lopez-Bellido, F.J., Lopez-Bellido, R.J., Kasem Khalil, S., and Lopez-Bellido, L. 2008. Effect of planting date on winter Kabuli chickpea growth & yield under rainfed Mediterranean conditions. Journal of Agronomy 100(4): 954-964.
25. Mahfouz, H., and Migawer, E.A. 2004. Effect of intercropping, weed control treatment and their interaction on yield and its attributes of chickpea and canola. Egyptian Journal of Applied Science 19(4): 84-101.

26. Masomi, A., Kafi, M., Khazaei, H.R., and Davari, K. 2010. Effect of drought stress on water status, electrolyte leakage and enzymatic antioxidants of Kochia (*Kochia scoparia*) under saline conditions. Pakistan Journal of Botany 42(5): 3517-3524.
27. Mabudi Bilesuar, H., and Zehtab Salmasi, S. 2017. Evaluation of yield and advantages of corn (*Zea mays* L.) and sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) intercropping. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 27(1): 1-11.
28. Namdari, M., and Mohmoodi, S. 2013. Evaluation of yield and productivity indices in planting ratios of intercropping of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and canola (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Crop Science 14(4): 346-357. (In Persian with English Summary).
29. Naresh, R.K., Purushottam, S.P., Dwivedi, A., and Kumar, V. 2013. Effects of water stress on physiological processes and yield attributes of different mungbean varieties. African Journal of Biochemistry Research 7(5): 55-62.
30. Niksirat, S.H., and Bijanzadeh, E. 2018. Effect of late season drought stress and different combination of intercropping with barley on yield and yield components of chickpea and faba bean. Iranian Journal of Pulses Research 9: 177-191. (In Persian with English Summary).
31. Niksirat, H., Biganzadeh, E., and Naderi, R. 2018. Effect of cutting off irrigation on yield and competition and economic Indices of intercropping Barley (*Hordeum* spp.) with legumes. Journal of Agroecology 10(2): 444-458. (In Persian with English Summary).
32. Piroozi, B., Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., and Heidari, H., 2012. Evalution of sowing time and intercropping on vegetative and reproductive traits of bean (*Phaseolus vulgaris*) and biological yield of forage maize (*Zea mays*). Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 104: 62-68. (In Persian with English Summary).
33. Pompelli, M.F., Barata-Luís, R., Vitorino, H.S., Gonc¸ alves, E.R., Rolim, E.V., Santos, M.G., Almeida Cortez, J.S., Ferreira, V.M., Lemos, E.E., and Endres, L. 2010. Photosynthesis, photoprotection and antioxidant activity of purging nut under drought deficitand recovery. Biomass and Bioenergy 34: 1207-1215.
34. Pooresmaeil, P. 2006. Investigation on the use of super adsorbent polymer in increasing the yield and activity of antioxidant enzymes in different bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under drought stress. MSc.Thesis University of Islamic Azad Karaj.
35. Rahbarian, J., and Emam, Y. 2012. Yield response of maize hybrids to drought stress at different growth stages. Journal of Crops production and Processing 1(2): 65-78. (In Persian).
36. Rezvani Moghaddam, P., and Moradi, R. 2013. Evaluation of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essence quantity of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Iranian Journal of Field Crop Science 43(2): 217-230. (In Persian with English Summary).
37. Sadat Rasti Sani, M., Lahouti, M., and Ganjeali, A. 2014. Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluoresecence of red bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research 5(1): 103-116. (In Persian with English Summary).
38. Sabaghpour, S.H., Sfykhany, M., Pezeshkpur, P., Jahangiri, A., Sarparast, R., Karami, A., Pursyahbydy, M., Shahriari, D., Mahmoudi, F., and Keshavarzi, K. 2010. Azad, a new chickpea cultivars for dryland moderate and semi warm climate of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 26(2): 293-295. (In Persian with English Summary).
39. Safari, M., Malekzadeh Shafaroudi, S., Ganjeali, A., and Bagheri, A. 2011. Study of root & shoot characteristis in reaction to drought stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 2: 39-52. (In Persian with English Summary).
40. Shaker-Koohi, S., Nasrollahzadeh, S., and Raei, Y. 2014. Evaluation of chlorophyll value, protein content and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.)-mungbean (*Vigna radiate* L.) intercropping. International Journal of Biosciences 4(8): 136-143.
41. Stolz, E., and Nadeau, E. 2014. Effect of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N inorganically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). Field Crops Research 169: 21-29.
42. Zadeh-Bagheri, M., Javanmardi, S.h., Alozadeh, O., and Kamelmanesh, M.M. 2014. Effects of drought on grain yield and some physiological characteristics of red bean genotypes. Journal of Plant Ecophysiology 6(18): 2-11 (In Persian with English Summary).
43. Zadokes, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14: 415-421.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 2, 2020, p. 164-182 (Research Article)

Effect of relay intercropping of chickpea (*Cicer arietinum* L.) with barley (*Hordeum vulgare* L.) on biochemical traits and yield under late season drought stress

Mohavieh Assadi[1], N., Bijanzadeh[2*], E., Behpouri[3], A & Barati[3], V.

1. MSc. Student, Agroecology Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University; negin.asadi2020@gmail.com
2. Associate Professor, Agroecology Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University
3. Assistant Professor, Agroecology Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University; (ali.behpoori@gmail.com & vahid.barati.s@gmail.com, respectively)

Received: 6 January 2019
Accepted: 2 June 2019

DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.78361

Introduction

Intercropping is an old cropping practices, possibly as old as the settled agriculture, and is widespread especially in low-input cropping systems. One of the most popular intercropping practices is the cultivation of certain annual legumes with cereals. Intercropping of two or more crop species not only improves yield on a given land area by making more efficient use of the available growth resources but also enhances biological activities in the soil and suppresses weeds, pests and diseases. Intercropping of barley and chickpea improves the use of plant growth resources, i.e. species do not compete precisely for the same niches. Relay intercropping refers to a cropping system in which the lifecycle of one crop overlaps that of another crop. Usually the second crop is planted after the first crop has reached its reproductive stage of growth but before it is ready for harvest. The purpose of this experiment was to detect the most suitable intercropping system and appropriate planting dates for chickpea and barley for sustainable production of these plants under water stress conditions at late growing season.

Material and Methods

An experiment was carried out as a factorial split plot based on randomized complete block design with three replications at College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University during 2017-2018 growing season. The cropping systems included of two factors. The main plot was two water regimes including cutting off irrigation at the beginning of milk development stage and normal irrigation. Sub plot was 8 relay intercropping ratios as additive series consisted of monoculture of Zehak six-rowed barley cultivar (b), monoculture of Darab chickpea cultivar (c) cultivation of barley on December (b_1), cultivation of barley on January (b_2), cultivation of chickpea on December (c_1), cultivation of chickpea on January (c_2) and different combinations of relay intercropping consisted of cultivation of barley on December+chickpea on December (b_1c_1), cultivation of barley on December+chickpea on January (b_1c_2), cultivation of barley on January+chickpea on December (b_2c_1) and cultivation of barley on January+chickpea on January (b_2c_2) with a ratio of 1:1. Two weeks after drought stress the traits of chlorophyll *a*, *b*, catalase, peroxidase, were measured and at crop maturity, plants were hand harvested to measure biological yield, yield and yield components including number of pods/plant, number of seed/plant, 1000-seed weight, grain protein and land equivalent ratio. Finally, analysis of variance (ANOVA) was performed using SAS v. 9.4 software and the means compared by LSD test at 5 % probability level ($p \leq 0.05$).

Results and Discussion

Analysis of variance showed that late season drought stress had a significant effect on all plant traits except the number of seed/pod, 1000-seed weight and chickpea seed protein. In chickpea drought stress reduced the amount of chlorophyll *a* in all treatments and minimum amount of chlorophyll *a* was achieved in intercropping of barley on January. Also drought stress reduced the amount of chlorophyll *b* in all treatments

***Corresponding Author:** bijanzd@shirazu.ac.ir

except for the cultivation of chickpea on January. Interestingly, drought stress increased the amount of catalase (74.04%) and peroxidase enzymes (81.36%) in intercropping of barley on December+chickpea on January and barley on December+chickpea on December, respectively. Water stress increased 58% and 25% land equivalent ratio chickpea and total compared to the normal irrigation conditions. Finally, the maximum seed yield was obtained under drought stress conditions in barley on December+chickpea on January intercropping.

Conclusion

The result of this study showed that in general, late season drought stress reduced the amount of chlorophyll *a* and the maximum and minimum amount of reduction was 46.6 and 22.3% in intercropping barley on December+chickpea on January and barley on January+chickpea on January, respectively. Also drought stress reduced the amount of chlorophyll *b* in all treatments except chickpea on January, while drought stress increased the amount of catalase and peroxidase enzymes with the maximum increase of 74.04 and 81.36% intercropping barley on December+chickpea on January and barley on December+chickpea on December respectively. In this experiment, in barley on December+chickpea on January intercropping treatment, drought stress increased 58% and 25% land equivalent ratio of chickpea and total compared to the normal irrigation conditions, respectively. The results can be recommended for intercropping in some areas. Therefore, relay intercropping can greatly increase the economic efficiency and productivity of agricultural land use.

Keywords: Chlorophyll *a*, Cutting off irrigation, Peroxidase, Six-rowed barley